

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengelasan

Teknik pengelasan (Welding) merupakan proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Sonawan, 2004)

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industry Normen* (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas. Definisi ini dapat diartikan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto, 2000).

Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran, dimana kedua ujung logam yang akan disambung di buat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau panas yang didapat dari busur nyala listrik (gas pembakar) sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang masa yang kuat dan tidak mudah dipisahkan (Arifin, 1997).

2.2 Las Busur Listrik

Las Busur Listrik salah satu cara menyambung logam dengan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Pada bagian yang terkena busur listrik tersebut akan mencair, demikian juga elektroda pada busur listrik yang akan mencair dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian membeku dan tersambunglah kedua logam tersebut.

Proses pengelasan FCAW ini sebenarnya sama dengan pengelasan GMAW, namun yang membedakan adalah kawat las yang berbentuk tubular yang berisi flux sedangkan GMAW berbentuk solid (Jones, 2015). Berdasarkan metode pelindung, Pengelasan FCAW dapat di bedakan menjadi 2, yaitu :

- 1) *Self shielding* FCAW (Pelindung sendiri) yaitu merupakan proses melindungi logam las yang mencair dengan menggunakan gas dari hasil penguapan atau reaksi dari inti flux.
- 2) *Gas shielding* FCAW (Pelindungan gas) yaitu perlindungan dengan dual gas, yaitu melindungi logam las yang mencair dengan menggunakan gas sendiri juga ditambah gas pelindung yang berasal dari luar sistem.

Dua metode di atas sama-sama menghasilkan terak las yang berasal dari flux dalam kawat las yang berfungsi untuk melindungi logam las saat proses pembekuan. Namun, perbedaan metode di atas terletak pada tambahan sistem pemasok gas dan welding torch (welding gun) yang digunakan.

Pengelasan FCAW berdasarkan cara pengoperasiannya dibedakan menjadi 2, yaitu :

- 1) Otomatis (*machine automatic*).
- 2) Semi otomatis (*semi automatic*).

Sifat – sifat utama (Principal features) yang dimiliki FCAW dalam proses pengelasan :

- 1) FCAW mempunyai sifat metalurgi las yang bias dikontrol dengan pemilihan flux.
- 2) Las FCAW mempunyai produktivitas yang tinggi, karena dapat pasokan elektroda las yang kontinu.
- 3) Saat pembentukan manik atau rigi – rigi las yang cair dapat dilindungi oleh slag yang tebal.

Pengelasan FCAW umumnya menggunakan gas CO₂ atau campuran CO₂ dengan Argon sebagai gas pelindung. Tetapi untuk menghindari logam las terkontaminasi udara luar atau menghindari porosity maka harus dilakukan

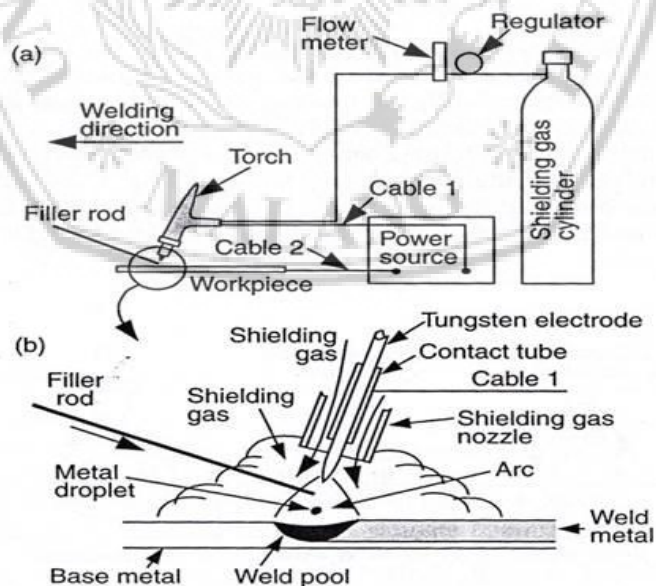
pemilihan fluks yang mengandung mempunyai sifat pengikat oxygen atau deoxidizer (Jones, 2015).

Aplikasi dan penggunaan utama pengelasan FCAW :

- 1) Baja karbon
- 2) Baja tahan karat
- 3) Baja tuang
- 4) Baja karbon alloy rendah
- 5) Las titik baja tipis

2.3.2 Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Pada proses pengelasan MIG ini tidak berbeda jauh dengan proses pengelasan pada GMAW, yang membedakan kedua pengelasan ini terdapat pada gas pelindung. Sesuai dengan namanya Metal Inert Gas, maka pada pengelasan MIG ini gas pelindung yang digunakan adalah inert gas atau gas Mulia seperti Argon (Ar), Helium atau Helium dicampur dengan Argon, tetapi juga dapat menggunakan gas CO₂ sebagai gas Pelindung. Untuk proses pengelasan MIG ini biasanya digunakan untuk mengelas material yang terbuat dari alumunium atau baja tahan karat.

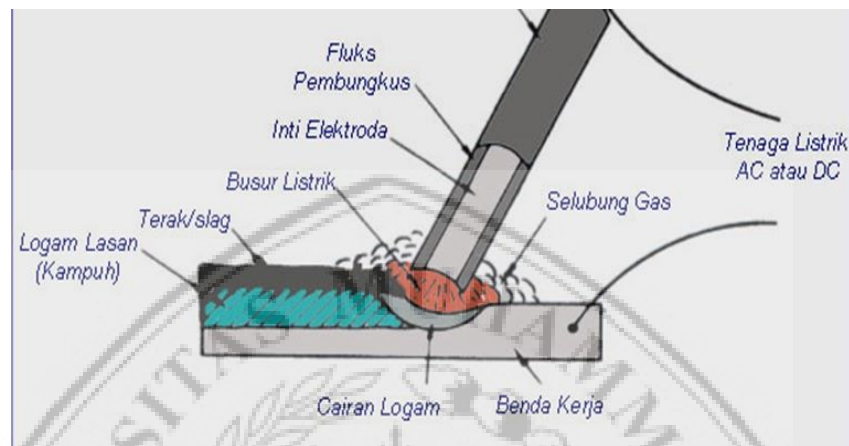


Gambar 2.2 GMAW : (a) Proses keseluruhan (b) Luas daerah pengelasan

(Wiryusumarto dan Okumura, 2000)

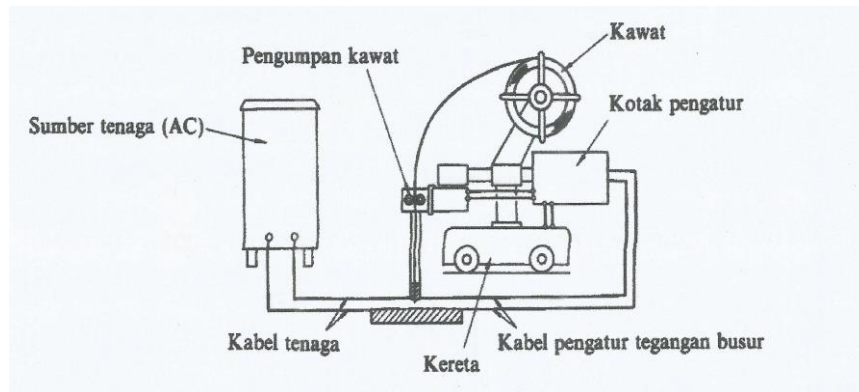
2.3.3 Pengelasan Submerged Arc Welding (SAW)

Las busur rendam Submerged Arc Welding adalah suatu cara mengelas dimana logam cair ditutup dengan flux yang diatur melalui suatu penampung flux dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus – menerus. Dalam pengelasan ini busur listriknya terendam dalam flux seperti pada gambar berikut (Wiryusumarto, 2000).



Gambar 2.3 : Skema pengelasan SAW

Karena dalam pengelasan ini busur listriknya tidak kelihatan, maka sangat sukar untuk mengatur jatuhnya ujung busur. Kawat elektroda yang besar maka sangat sukar untuk memegang alat pembakar dengan tangan tepat pada tempatnya. Karena kedua hal tersebut maka pengelasan selalu dilaksanakan secara otomatis penuh. proses pelaksanaannya bermacam – macam, salah satunya ditunjukkan dalam gambar. Pada jenis ini kepala las dibawa oleh alat yang berjalan melalui rel penuntun sepanjang garis las. Flux yang diperlukan sebagai umpan melalui pipa penyalur dari penampung flux yang juga terletak diatas kereta. Biasanya mesin las ini melayani satu elektroda saja, tetapi untuk memperbaiki efisiensi pengelasan kadang – kadang satu mesin melayani dua atau tiga elektroda (Wiryusumarto dan Okumura, 2000).

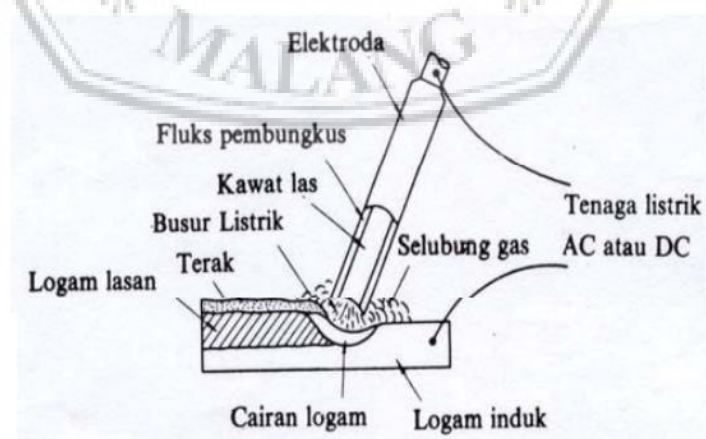


Gambar 2.4 Skema Mesin SAW (Wiryosumarto dan Okumura, 2000)

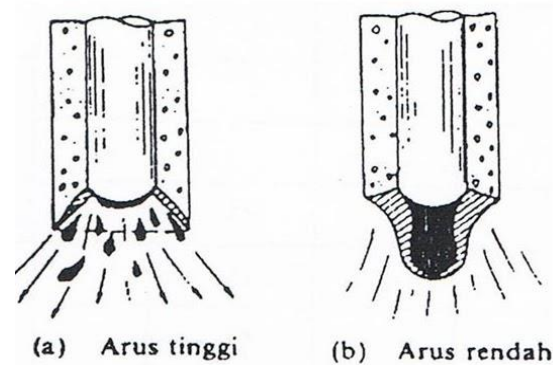
2.3.4 Pengelasan Elektroda Terbungkus (SMAW)

Proses pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Cara pengelasan ini menggunakan kawat elektroda terbungkus dengan flux. Dapat dilihat dengan jelas bahwa busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan kemudian membeku bersama (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir – butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).



Gambar 2.5 Skema Las SMAW (Wiryosumarto dan Okumura, 2000)



Gambar 2.6 Pemindahan Logam Cair (*Wiryosumarto dan Okumura, 2000*)

Pemindahan logam cair seperti diterangkan diatas sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Secara umum dapat di katakan bahwa logam mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran halus. Sedangkan pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan juga oleh komposisi dari bahan flux yang digunakan. Proses pengelasan bahan flux yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Flux bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur (*Wiryosumarto dan Okumura, 2000*).

2.4 Baja Karbon Rendah A36

Penelitian ini menggunakan baja SS400/JIS G3101/ASTM A36, baja sejenis "Steinless Steel" (baja tahan karat) yang diterangkan bahwa SS400 bukanlah baja steinless steel. SS berarti "Structural Steel" atau baja konstruksi. Berbeda dengan penamaan pada SS304, SS316 SS410, dsb. Pada SS304, SS316, SS410, dsb, memang jenis baja steinless steel dari standard ASTM (American Society fot Testing Materials). Adapun steinless steel sandard JIS (Japanese Industrial Standard) mereka memberi kode dengan awalan SUS (Steel Use Stainless) misalnya SUS304, SUS316, SUS410, dsb. Pada kasus SS400, SS disini bukanlah kepanjangan dari steinless steel tapi "Structural Steel".

SS400/JIS G3101/ASTM A36 adalah baja umum (Mild Steel dimana komposisi kimianya hanya karbon (C), Manganese (Mn), Silikon (Si), Sulfur

(S) dan Pospor (P) yang diaplikasikan untuk struktur/konstruksi umum (General Purpose Structural Steel) misalnya jembatan, plat kapal laut, oil tank dll.

Baja A36 memiliki kekuatan tarik yang tepat, baik ketangguhan, plastisitas, pengolahan properti, digulung menjadi pelat baja, berbentuk steel dan baja profil, yang biasanya digunakan untuk membangun lokakarya, jembatan. Baja ASTM A36 komposisi kimia % : C : 0.25 - 0.29 Mn : 0.80 – 1.20 P : 0.04 S : 0.05 Si : 0.15 – 0.40 Cr: 0.20

Tabel 2.1 Sifat Mekanis Baja A36

Peralatan Mekanis	Metrik	Imperial
Kekuatan tarik, Ultimate	400 – 550 MPa	58.000 – 79.800 psi
Kekuatan tarik, Yield	250 MPa	36300 psi
Elongasi pada istirahat (200 mm)	20,0 %	20,0 %
Elongasi pada istirahat (50 mm)	23,0 %	23,0 %
Modulus Elastisitas	200 GPa	29000 ksi
Modulus Bulk (khas untuk baja)	140 GPa	20300 ksi
Poissons ratio	0.260	0.260
Modulus geser	79,3 GPa	11500 ksi
Maasa jenis	7.85 g / cm ³	0.284 lb / di ³

Sumber : Steelindo Metals, 2013

2.5 Teori Perpindahan Panas Pada Pengelasan

2.5.1 Area Sebaran Panas

Panas yang terjadi akan mengalami perpindahan secara konduksi, untuk melakukan analisa terhadap hal tersebut maka yang perlu diperhatikan adalah menentukan daerah temperature media/material yang dihasilkan dari kondisi batas tertentu. Oleh karena itu, perlu diketahui distribusi temperature yang menunjukkan bagaimana

variasi temperatur sesuai fungsi posisi pada suatu medium. Konduksi flux pada titik tertentu atau permukaan suatu medium dapat ditentukan dengan menggunakan hukum Fourier, apabila distribusi temperaturnya sudah diketahui. Distribusi temperatur pada benda pejal dapat digunakan untuk menganalisa besarnya thermal stress, ekspansi dan defleksi struktur. Pada proses pengelasan dihasilkan siklus panas yang sangat rumit pada lasan. Siklus panas ini menyebabkan perubahan struktur mikro material pada daerah sekitar lasan (*heat-affected zone*) dan transient thermal stress, hingga akhirnya tercipta tegangan sisa (*residual stress*) dan perubahan bentuk (*distorsi*). Sebelum menganalisa permasalahan ini, harus dilakukan analisa pada aliran panas (*heat flow*) selama proses pengelasan.

2.5.2 Masukan Panas (Heat Input)

Masukan panas (*heat Input*) adalah besarnya energi panas tiap satuan panjang las ketika sumber panas bergerak (Subeki, 2007). *Heat input* merupakan parameter penting karena seperti halnya pemanasan awal dan temperatur *interpass*, *heat input* juga mempengaruhi laju pendinginan yang akan berpengaruh pada *mechanical properties* dan struktur metalurgi dari HAZ. Rumus yang digunakan untuk menentukan besarnya *heat input* yaitu :

$$HI = \eta \times \frac{\text{Tegangan las (V)} \times \text{Arus las (I)}}{\text{Kecepatan Las (v)}}$$

Dimana,

η : Efisiensi panas las

HI : *Heat Input* (Kj/mm) v : Kecepatan pengelasan (mm/s)

V : Tegangan Las (Volt) I : Arus listrik (Amper)

Apabila *heat input* dari suatu pengelasan terlalu tinggi maka daerah HAZ akan menjadi lebar sehingga mudah terjadi cacat seperti undercut. Akan tetapi apabila *heat input* terlalu kecil maka juga akan menimbulkan cacat las seperti inclusion (Riyadi, 2011). Pada

penggunaan *heat input* yang semakin tinggi akan meningkatkan prosentase *ferit acicular*, *upper bainite*, dan *ferit widmanstatten* (Subeki, 2007).

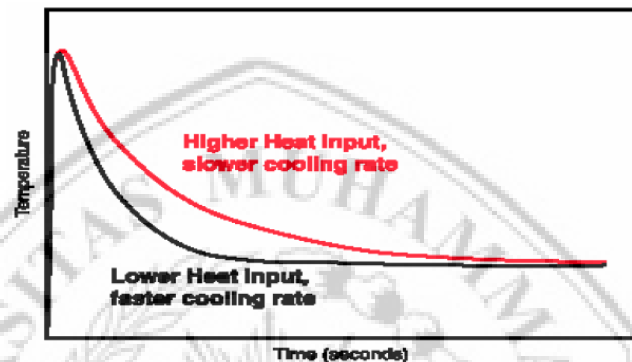
2.5.3 Transient Thermal Tensioning

Metode *Tensioning Thermal Transient* (TTT)) pada pengelasan dilakukan untuk mengurangi distorsi, tekukan, dan tegangan sisa (Michaleris dan Sun, 2004). Penelitian tentang TTT (*transient thermal tensioning*) telah dilakukan Michaleris, dkk (1997) melakukan simulasi menggunakan *finite element analysis* (FEA) pada teknik pengelasan TTT (*transient thermal tensioning*) dan menghasilkan bahwa tegangan sisa termal yang terjadi berkurang secara signifikan. (Michaleris dan Sun, 2004) “Perlakuan *transient thermal tensioning* (TTT) pada pengelasan dilakukan untuk mengurangi distorsi, tekukan, dan tegangan sisa.” (Tsai dkk., 1999) dengan peregangkan komponen, optimalisasi pemotongan dan urutan pengelasan, pengurangan masukan panas dan *transient thermal tensioning*. Aa dan Murugaiyan (2006), dalam penelitiannya tentang pengaruh pengelasan dengan *trailing heat sink* terhadap distribusi tegangan sisa menyatakan bahwa pengelasan plat tipis dengan metode ini dapat mengurangi tegangan sisa yang terjadi akibat proses pengelasan. Distorsi yang terjadi pada plat juga lebih kecil. Pengaruh pendinginan aktif (*active cooling*) yang diletakkan di bawah plat baja selama pengelasan juga tampak jelas. Pengaruh *active cooling* pada kecepatan rendah lebih efektif bila dibandingkan pada kecepatan tinggi.

2.5.4 Siklus Thermal

Daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*). Selama proses pengelasan berlangsung, logam las dan daerah pengaruh panas akan mengalami serangkaian siklus thermal yang berupa pemanasan sampai mencapai suhu maksimum dan diikuti dengan pendinginan. Pada pengelasan baja, kandungan C pada logam las biasanya dibuat rendah yaitu 0,1 % massa, dengan tujuan untuk

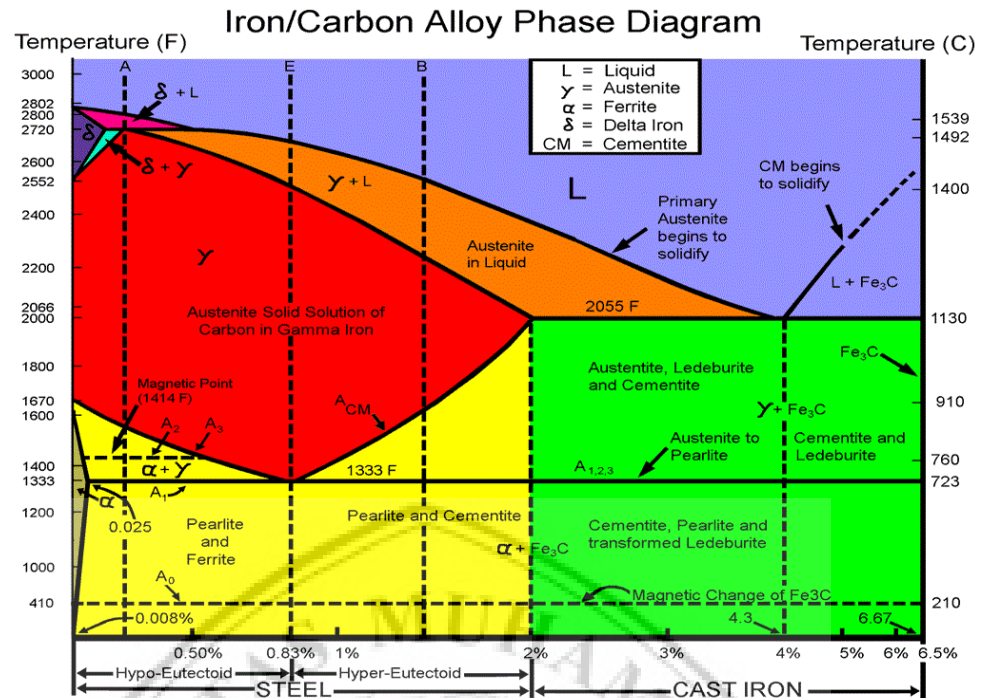
mempertahankan sifat mampu las atau *weldability*. Sebagai akibatnya, jika kondisi kesetimbangan (*equilibrium*) tercapai maka logam las akan mengalami serangkaian transformasi fasa selama proses pendinginan, yaitu dari logam las cair berubah menjadi ferit- δ kemudian γ (austenit) dan akhirnya menjadi α (ferrit). Pada umumnya laju pendinginan pada proses pengelasan cukup tinggi sehingga kondisi kesetimbangan tidak terjadi dan akibatnya struktur mikro yang terbentuk tidak selalu mengikuti diagram fasa (Subeki, 2007).



Gambar 2.7 : Siklus Thermal Las
(Sumber : Subeki, 2007).

2.6 Diagram Fasa Fe₃C

Diagram fasa Fe₃C sangat penting dibidang metalurgi karena sangat bermanfaat dalam menggambarkan perubahan-perubahan fasa pada baja



Gambar 2.8 Diagram kesetimbangan Fe_3C (Anonim D, 2012).

Diagram fasa Fe-C sangat penting di bidang metalurgi karena sangat bermanfaat di dalam menjelaskan perubahan-perubahan fasa Baja (paduan logam Fe-C). Baja merupakan logam yang banyak dipakai di bidang teknik karena kekuatan tarik yang tinggi dan keuletan yang baik. Paduan ini mempunyai sifat mampu bentuk (formability) yang baik dan sifat-sifat mekaniknya dapat diperbaiki dengan jalan perlakuan panas atau perlakuan mekanik (Dany, 2015).

1. Ferrite atau Besi Alpha ($\alpha\text{-Fe}$)

Ferrite ialah suatu komposisi logam yang mempunyai batas maksimum kelarutan Carbon 0,025%C pada temperatur 723°C, struktur kristalnya BCC

(Body Center Cubic) dan pada temperatur kamar mempunyai batas kelarutan Carbon 0,008%C. Secara umum fase ini bersifat lunak (soft), ulet (ductile), dan magnetik (magnetic) (Sibuea, 2014).

2. Austenite atau Besi Gamma (γ -Fe)

Austenite ialah suatu larutan padat yang mempunyai batas maksimum kelarutan Carbon 2%C pada temperatur 1130°C, struktur kristalnya FCC (Face Center Cubic). Fase ini bersifat non magnetik dan ulet (ductile) pada temperatur tinggi (Sibuea, 2014).

3. Besi Karbida atau Sementit

Cementid ialah suatu senyawa yang terdiri dari unsur Fe dan C dengan perbandingan tertentu (mempunyai rumus empiris) dan struktur kristalnya Orthohombic (Sibuea, 2014).

4. Perlite

Pearlite ialah campuran Eutectoid antara Ferrite dengan Cementid yang dibentuk pada temperatur 723°C dengan kandungan Carbon 0,83%C (Sibuea, 2014).

5. Martensite

Martensite merupakan salah satu metode penguatan struktur atom pada logam yang terjadi ketika material baja yang memiliki kadar karbon yang relatif tinggi dan kemudian dilakukan proses quenching atau Pendinginan secara tiba-tiba kedalam media yang laju pendinginannya cepat seperti air. Baja yang dipanaskan hingga suhu austenit ditahan (*Holding Time*) lalu di celupkan ke dalam air . selama proses ini terjadi transformasi fasa dari γ (austenit) yang FCC menjadi martensit BCT dengan mekanisme geser. Fasa martensit ini mempunyai sifat keras dan Getas, sehingga untuk mengurangi sifat getasnya dilakukan proses temper, karena fasa yang keras ini akan megambat gerakan dislokasi (Sibuea, 2014).

2.6.1 Struktur Mikro Baja

Dalam diagram fasa Fe-C terjadi beberapa perubahan fasa yaitu perubahan fasa ferit (α -Fe), austenite (γ -Fe), sementit, perlit, dan

maretnsit.

- Ferrite atau Besi Alpha (α -Fe)

Ferit merupakan suatu larutan padat karbon dalam struktur besi murni yang memiliki struktur BCC dengan sifat lunak dan ulet. Fasa ferit mulai terbentuk pada temperatur antara 300 °C hingga mencapai temperatur 727 °C. Kelarutan karbon pada fasa ini relatif kecil dibandingkan dengan kelarutan pada fasa larutan padat lainnya. Saat fasa ferit terbentuk, kelarutan karbon dalam besi alpha hanyalah sekitar.

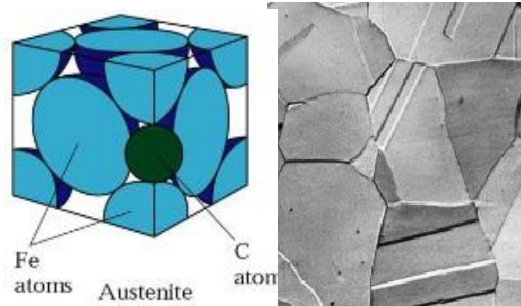


Gambar 2.9 Struktur Mikro Baja pada fasa Ferit.

(Sonawan, 2003)

- Austenit atau Besi Gamma (γ -Fe)

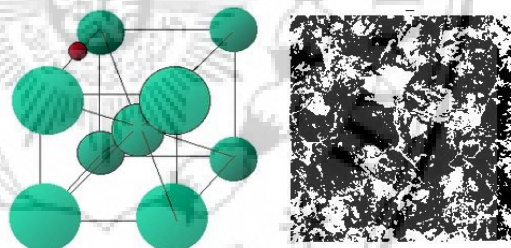
Fase austenite merupakan larutan padat intertisi antara karbon dan besi yang memiliki struktur FCC. Fasa austenite terbentuk antara temperatur 912 °C sampai dengan temperatur 1394 °C. Kelarutan karbon pada saat berada pada fasa austenite lebih besar hingga mencapai kelarutan karbon sekitar 2,14% C.



Gambar 2.10 Struktur mikro baja atau besi pada fasa austenite (Sonawan, 2003)

- Sementit

Karbida besi adalah paduan besi karbon dimana pada kondisi ini karbon melebihi batas larutan sehingga membentuk fasa kedua yang memiliki komposisi Fe_3C dan memiliki struktur Kristal BCT. Karbida pada ferit akan meningkatkan kekerasan pada baja, hal ini dikarenakan sementit memiliki sifat dasar yang sangat keras. Fasa ini kelarutan karbon bisa mencapai 6,70% pada temperatur dibawah 1400°C , akan tetapi baja ini bersifat getas.



Gambar 2.11 Struktur Mikro baja pada fasa Sementit (Sonawan, 2003)

- Perlit

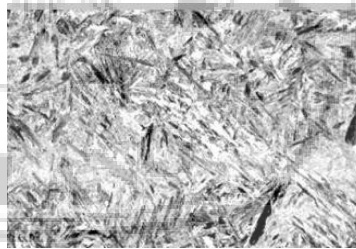
Perlit merupakan campuran antara ferit dan sementit yang berbentuk seperti pelat-pelat yang disusun secara bergantian antara sementit dan ferit. Fase perlit ini terbentuk pada saat kandungan karbon mencapai 0,76% C, besi pada fase perlit akan memiliki sifat yang keras, ulet dan kuat.



Gambar 2.12 Struktur mikro besi pada fasa perlit (Sonawan, 2003)

- **Martensit**

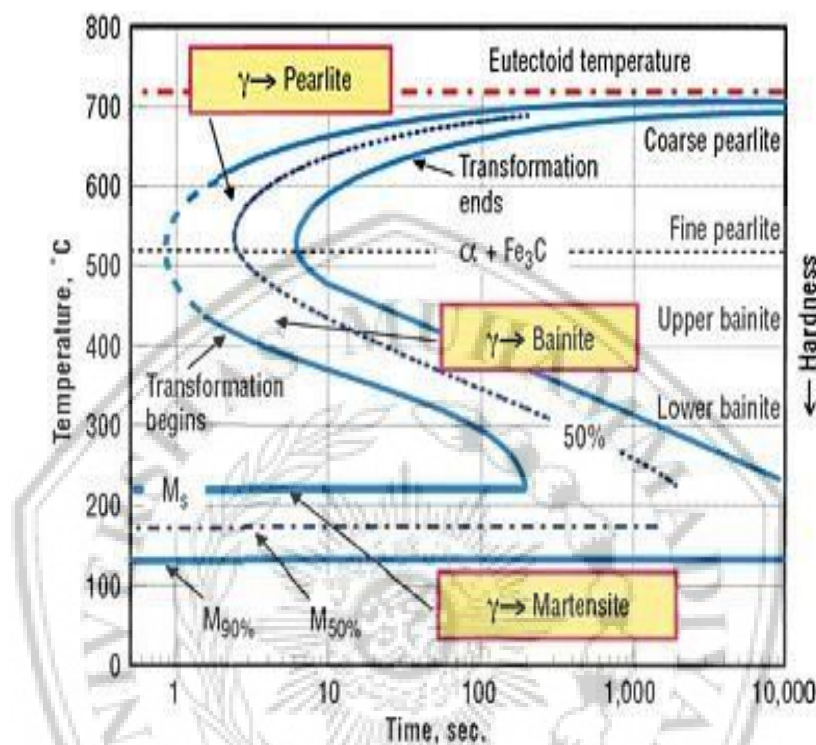
Martensit adalah suatu fasa yang terjadi karena pendinginan yang sangat cepat sekali. Jenis fasa martensit tergolong kedalam bentuk struktur kristal BCT. Pada fase ini tidak terjadi proses difusi hal ini dikarenakan terjadinya pergerakan atom secara serentak dalam waktu yang sangat cepat sehingga atom yang tertinggal pada saat terjadi pergeseran akan tetap berada pada larutan padat. Besi yang berada pada fase martensit akan memiliki sifat yang kuat dan keras, akan tetapi besi ini juga bersifat getas dan rapuh.



Gambar 2.13 Struktur mikro besi pada fasa martensit (Sonawan, 2003)

2.6.2 Diagram TTT (Time Temperatur Transformation)

TTT adalah singkatan dari bahasa Inggris *Temperatur Time Transformation*. Diagram TTT digunakan pada saat kondisi pendinginan secara cepat. Ketika pendinginan cepat, terjadi beberapa perubahan pada mikrostruktur. Diagram TTT tampak seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Diagram TTT (Anonim E, 2012).

Kurva sebelah kiri menunjukkan saat mulainya transformasi isothermal dan kurva sebelah kanan menunjukkan saat selesainya transformasi isothermal. Diatas garis A_1 , austenit dalam keadaan stabil (tidak terjadi transformasi walaupun waktu penahannya bertambah). Di bawah temperatur kritis A_1 pada daerah di sebelah kiri kurva awal transformasi austenit tidak stabil (austenit akan bertransformasi) dan disebelah kanan kurva akhir transformasi terdapat hasil transformasi isothermal dari austenit, sedang pada daerah diantara dua kurva tersebut terdapat sisa austenit (yang belum bertransformasi) dan hasil transformasi isothermalnya. Titik paling kiri dari kurva awal transformasi disebut hidung (*nose*) diagram ini. Transformasi austenit diatas *nose* akan menghasilkan

perlit sedangkan di bawah *nose* akan menghasilkan bainit. Tetapi bila transformasi berlangsung pada temperatur yang lebih rendah lagi (dibawah garis $M_s = \text{Martensite start}$) akan diperoleh martensit (Anonymous, 2012).

2.7 Pengujian Metalografi

Metallografi adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan prosentase campuran logam tersebut. *Metallografi* merupakan suatu pengetahuan yang khusus mempelajari struktur logam dan mekanisnya. Dalam metallografi dikenal pengujian mikro (*microscope test*). Pengujian mikro (*microscope test*) ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Mengingat demikian halusnya, sehingga pengujiannya menggunakan suatu alat yaitu mikroskop optis bahkan mikroskop elektron yang memiliki kualitas pembesaran antara 50 hingga 3000 kali. Pengujian *metallografi* dapat memberikan gambar-gambar dari struktur logam yang diuji sehingga dapat diteliti lebih lanjut mengenai hubungan struktur pembentuk logam dengan sifat-sifat logam tersebut.

2.8 Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain sebagai berikut :

2.8.1 Uji Kekerasan

Kekerasan (Hardness) adalah salah satu sifat mekanik dari suatu material kekerasan suatu material terhadap gaya penekanan atau deformasi dari material lain yang lebih keras menjadi prinsip dalam suatu uji kekerasan terletak pada permukaan material saat permukaan material tersebut diberi perlakuan penekanan sesuai parameter (diameter, beban dan waktu).

Berdasarkan mekanisme penekanan yang dilakukan pada saat proses pengujian, salah satu uji kekerasan yaitu dengan metode Vickers (HV / VHN). Pengujian kekerasan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material yaitu daya tahan material terhadap indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid

seperti gambar beban yang di kenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian rockwell dan brinel yaitu angka 1 sampai 1000 gram angka kekerasan vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil (koefisien) dari bahan uji (F) dengan luas permukaan tekan dari indenter (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$.

Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers yaitu:

$$VHN = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \dots\dots(2.1)$$

Dimana,

VHN = Angka kekerasan Vickers

P = Beban yang digunakan (kg)

d = diagonal diagonal rata – rata (mm)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berhadapan = 136°

Mikrohardness test disebut juga knoop test merupakan pengujian yang cocok untuk pengujian material yang nilai kekerasannya rendah.

Dimana,

$$VHN = \frac{P}{l^2 C} \dots\dots(2.2)$$

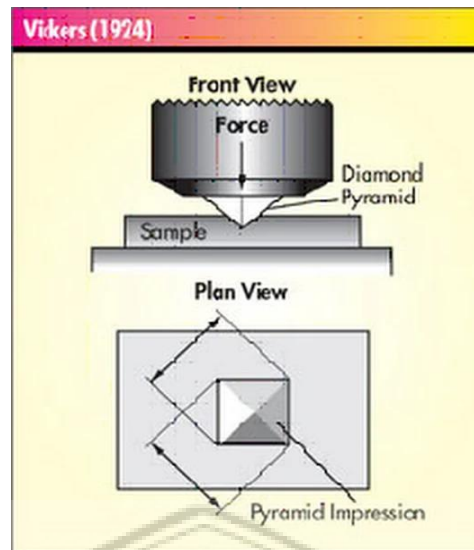
VHN = Angka Kekerasan Knoop

P = Beban (kgf)

L = Panjang dari indenter (mm)

C = Konstanta Indenter

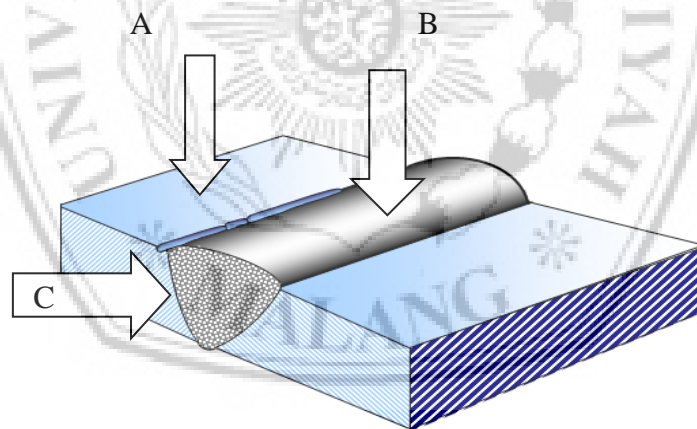
Setelah mengetahui metode uji kekerasan yang digunakan, untuk itu kita harus memperhatikan hal – hal semacam permukaan material, jenis, dan dimensi material, jenis data yang diinginkan, ketersediaan alat uji.



Gambar 2.15 Pengujian Vickers (Dieter, 1987)

2.8.2 Daerah Titik Uji Kekerasan Pada Benda Las FCAW

Hasil uji kekerasan (*Vickers*) diambil lima daerah dari masing – masing beda uji lasan FCAW dan spesimen uji las FCAW yaitu daerah base metal A, daerah HAZ, daerah lasan, dapat dilihat pada gambar :



Gambar 2.16 Daerah las pada specimen

Keterangan gambar :

- a. Daerah base metal
- b. Daerah welding
- c. Daerah HAZ

2.8.3 Pengujian Impak

Pengujian impak adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan suatu sifat – sifat suatu material yang mendapatkan beban dinamis, sehingga dari pengujian dapat diketahui sifat ketangguhan suatu material dalam wujud ulet dan getas. Dengan catatan apabila suatu nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. Material uji dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat – serat. Tetapi apabila material getas, hasil dari patahan terlihat rata dan mengkilap. Pada kondisi material ulet dapat terjadi patah getas dengan deformasi plastis sangat kecil. Nilai harga impact pada suatu spesimen adalah energi yang diserap tiap satuan luas penampang lintang spesimen uji.

Persamaannya sebagai berikut:

$$HI = \frac{E}{A}$$

Dimana,

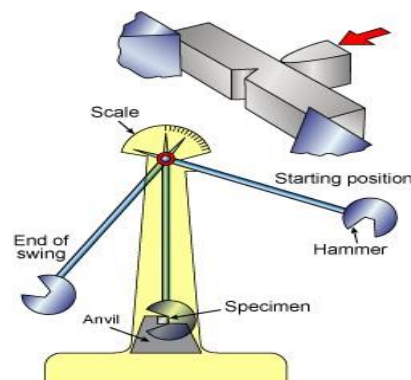
HI = Nilai Impact (Joule/mm²)

E = Energi yang diserap (Joule)

A = Luas penampang takik (mm²)

2.8.3.1 Metode Charpy

Pada metode ini pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal / mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.



Gambar 2.17 Ilustrasi Pengujian Impact

